

Zn-Pb-Vererzungen in Breccienzonen triadischer Karbonatgesteine der Nordtiroler Kalkalpen (zwischen Telfs, Biberwier, Nassereith und Imst)

von Lazaros SIDIROPOULOS, Innsbruck

1. Zusammenfassung

Erzführende Breccienzonen in den triassischen Seichtwassersedimenten kalkiger und dolomitischer Zusammensetzung gehören genetisch zum Teil »sedimentären Breccien«, überwiegend jedoch den »Deformationsbreccien« an. Sie sind stratigraphisch zusammen mit Lager- und Gangerzkörpern gebunden an den Alpenin Muschelkalk, bzw. hauptsächlich an mehrere Abschnitte des oberen Wettersteinkalkes.

Die Primärerzparagenese besteht aus Zinkblende, Bleiglanz, Pyrit und Markasit. In Spuren findet man auch Fahlerz und Kupferkies. Als Begleiter sind Calcit, Dolomit, Fluorit und Quarz erwähnenswert.

Eine auffallende Rolle spielen in vielen Lagerstätten die Deformationsbreccien mit fugenverheilender Zinkblende, meist Schalenblende, begleitet von metasomatischen Verdrängungen im Karbonatgestein. Die räumliche Ausdehnung und Lage derartiger Erzkörper deckt sich meist mit Lagererzkörpern, in einem Fall verläuft eine schlauchartige Vererzungszone annähernd in einer Sedimentbank. In den seltenen Fällen von s-diskordanten Gangmineralisationen begleiten ebenfalls vererzte Breccienzonen die Erzkörper. In Einzelfällen führen bereits Breccienfragmente sedimentäres Erz, woraus ein primär-sedimentärer Mineralisationsvorgang vor der Brecciation des Gesteins abgeleitet werden kann: ein neuerlicher Beweis für submarine triassische Metallanreicherung.

Auf Grund seltener intern-geopetaler Erzschlammfüllung in der Matrix der Breccie kann die rupturale Deformation des Sedimentes, die Kristallisation und die Schlammfüllung einem syndiagenetischen Zeitabschnitt zugeordnet werden.

Die vielen massenspektrometrischen Daten über die Isotopenzusammensetzung des Sulfidschwefels der Zinkblenden und Bleiglanze entsprechen mit ihrer sehr großen Variationsbreite der $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ -Verhältnisse den von anderen Pb-Zn-Lagerstätten in kalkalpinen Gesteinen bekannten Werten. Sie weisen auf bakterielle Prozesse bei der Sulfidbildung, schließen aber hydrothermale Stofftransporte nicht aus.

Nach den Untersuchungen des Haldenmaterials und der Erzausbisse im Gelände und in einigen alten Gruben, verbunden mit dem Studium alter Grubenpläne sind einige der zahlreichen Bergbaulokalitäten wahrscheinlich auch von gewissem wirtschaftlichen Interesse.

Summary

Zn-Pb Mineralisations in Breccia Zones of Triassic Carbonate Rocks of the Nordtiroler Kalkalpen (Between Telfs, Biberwier, Nassereith and Imst)

Genetically, ore-bearing breccia zones in the Triassic shallow-water sediments of calcareous and dolomitic composition belong partly to »sedimentary breccias« but mainly to the »deformation breccias«. Stratigraphically, they are bound, together with bed ore bodies and vein ore bodies, to the Alpine **Muschelbank** and above all to several sections of the upper **Wettersteinkalk**.

The primary ore paragenesis consists of sphalerite, galena, pyrite, and marcasite. Traces of tetrahedrite and chalcopryrite can also be found. Among the companions calcite, dolomite, fluorite, and quartz are worth mentioning.

Of decisive importance in many deposits are the deformation breccias with sphalerite, mainly wurtzite, which heals the joints, accompanied by metasomatic displacements in the carbonate rock. The spatial extensions and positions of such ore bodies largely coincide with bed ore bodies, in one instance a pipelike mineralisation zone runs roughly in a sedimentary layer. In the rare cases of s-discordant vein mineralisations mineralised breccia zones accompany the ore bodies. In some cases breccia fragments already bear sedimentary ore, a fact from which we can deduce a primary-sedimentary mineralisation process before the brecciation of the rock — another proof of a submarine, Triassic metal concentration.

Due to a rare internal-geopetal ore lutite filling in the breccia matrix, the broken deformation of the sediment, the crystallisation, and the lutite filling can be correlated with a syndiagenetic period.

With their very wide variation range of the $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ ratios, the numerous mass spectrometric data in the isotope composition of the sulphide in the sphalerites and galenas correspond to values that are known from other Pb-Zn deposits in the Alpine limestone rocks. They point to bacterial processes in the sulphide formation, but they do not preclude hydrothermal transports of material.

After an examination of the dump material and the ore outcrops in the terrain and in some old mines and the study of maps of old mines, some of the numerous mining localities may turn out to be of interest from the economic point of view.

2. Problemstellung

Brecciöse Karbonatgesteinsareale mit Zn-Pb-Vererzungen spielen in den großen Lagerstätten beidseits des Periadrischen Lineaments (Salafossa, Auronzo, Raibl, Bleiberg-Kreuth, Mezica) auch eine wirtschaftlich bedeutende Rolle. Es schien daher interessant, in der langen Reihe der relativ kleinen Lagerstätten in den Nordtiroler Kalkalpen eine dahin ausgerichtete wissenschaftliche Untersuchung und Beurteilung einer eventuell möglichen wirtschaftlichen Nutzbarkeit durchzuführen. Derzeit besteht dort kein bergbaulicher Betrieb mehr.

Bereits in den Berichten von TAUPITZ (1954) sind Anmerkungen und Skizzen über brecciöse Sedimente zu finden, ohne daß aber diesem Vererzungstyp spezielle Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Schließlich galt in den frühen fünfziger Jahren die volle Aufmerksamkeit dem Beweis sedimentärer triassischer Erzanreicherungen. Breccien aber galten als mehrdeutig, vor allem die Deformationsbreccien, so daß die Klärung derartiger Vererzungen noch lange umstritten blieb. Probleme gab es einerseits in Bezug auf den Breccientyp, also »sedimentäre Breccie« oder »Deformationsbreccie« (SANDER 1936, 1950), andererseits auch bezüglich der Form und räumlichen Lage von Breccienzonen im Sedimentverband, z. B. konkordant, diskordant zur Schichtung (s) oder schlauchförmig ohne genaue stratigraphische Zusammenhänge.

Der Fortschritt der Bergbautechnik brachte es mit sich, daß großräumige brecciöse Zn-Pb-erzführende Gesteinsareale auch dann von wirtschaftlicher Bedeutung sein können (KOSTELKA 1974), wenn nur relativ geringe prozentuelle Metallgehalte vorliegen. Die Suche nach metallführenden brecciösen Karbonatgesteinsarealen, die Beschreibung und Erklärung der Breccierung und Mineralisierung, sowie der Versuch, wirtschaftliche Aspekte über die Erzführung aufzuzeigen, war Hauptaufgabe dieser Studie. Hier wird nur ein Auszug aus der Dissertation (SIDIROPOULOS 1980) veröffentlicht.

3. Geologische Übersicht

Im untersuchten Raum unterscheidet AMPFERER (1911, 1914) die drei tektonischen Einheiten »Lechtaldecke«, »Inntaldecke« und als höchste die »Larsenndeckscholle«. Charakteristisch sind lange Sattel- und Muldenzüge mit WSW-ESE-Streichen. Die bedeutendste Störung im gesamten Bereich stellt im N die Deckengrenze zwischen Inntal- und Lechtaldecke als steilstehende Aufschiebung dar. Ihr folgen mit einem Maximalabstand von 3 km eine große Anzahl kleiner Lagerstätten.

Auch vom S-Rand der Inntaldeckengrenze ergeben sich nur Abstände der Lagerstätten bis 1,6 km, doch soll diese Feststellung nicht zu falschen Vorstellungen verleiten. Die Position der

vielen Zn-Pb-Vorkommen ergibt sich auf alle Fälle aus der stratigraphischen Position, aus der Gebundenheit an den oberen Wettersteinkalk, in einem Fall an den Alpinen Muschelkalk. Dieser erreicht eine maximale Mächtigkeit von 300 m.

Der Wettersteinkalk bzw. -dolomit ist im gesamten Bereich, zwischen Partnachschichten bzw. Muschelkalk im Liegenden und Raibler Schichten im Hangenden, vorwiegend als Karbonatplattform entwickelt. Eine Einteilung im Vorriff (Riffschutt), Riff und Lagune läßt sich in diesem Raum, vom Steinjöchl nach E hin durchführen, während der faziell auskeilende Westteil hauptsächlich aus Riffschutt besteht. Im Bereich vom Wanneck und im gesamten Mieminger Hauptkamm sind einerseits vorwiegend ungebankte massige arenitische dunklere Kalke, andererseits gut gebankte, schichtige, hellere mikritische Kalke entwickelt, die hauptsächlich einem Vorriff und einem Riffkörper zuzuordnen sind. Im Laagers- und Tschirgantbereich sind vorwiegend bituminöse, feinspätige Dolomitgesteine entwickelt.

Charakteristisch für den oberen Wettersteinkalk sind außer den dominierenden hellen Kalken dolomitische Algenstromatolithe, als typische Zwischenschichten, meist feinklastische Sedimentlagen mit schwarzen, grauen Komponenten und grünem mergeligen Bindemittel. Gradierte Schichtung und Schräg- und Kreuzschichtung sowie fossile Sinterbildungen vom Typ der Großoolithe vervollkommen die Gefüge. Als Mächtigkeit des Wettersteinkalkes ist in der Mieminger Kette etwa 1300 m, weiter im Westen in der Heiterwand ca. 300 m anzugeben.

4. *Untersuchte Pb-Zn-Lagerstätten und Vorkommen*

1. **Igelsee:** W-Hang des Breitenkopfes, 1540-2020 m ü. d. M. Konkordante linsenförmige und diskordant-stockförmige Erzkörper. Vererzte Deformationsbreccien mit Metasomatose, Halde: ZnS: PbS = 8:1.
2. **Brendlkar:** Zwischen Igelskopf und Tajakopf, 1920 m. Schichtgebundene Erzführung (nach TAUPITZ 1954). Auch Fahlerz?
3. **Tajakopf:** SE-Abfall des Hinteren Tajakopfes, 1960—2200 m. Schichtgebundene Erze. Vererzte Deformationsbreccien mit Metasomatose. Halde: ZnS: PbS = 2:1.
4. **Grießspitze:** S-Abfall der Westlichen Grießspitze. Vererzte Deformationsbreccie, auch mit Metasomatose.
5. **Grünstein:** S-Abhang des Mittleren Grünstein, 1930—1980 m. Konkordante Vererzung; vererzte Deformationsbreccien, auch Metasomatose.
6. **Biberwierer Scharte:** N-Hang des Nördlichen Wampeten Schrofens, Höhe 2020 m. Schichtgebundene Erze. Resedimentäre und Deformationsbreccien erzführend, mit Metasomatose. ZnS:PbS = 10:1.
7. **Silberleithen:** Schachtkopf und W-Abhang des Wampeten Schrofens, zwischen 1200 und 1960 m. Konkordante und diskordante Erzführung. Vererzte Deformationsbreccie und metasomatische Verdrängung. Im Begleitgestein grüne Mergel (Sericit, Chlorit, Quarz, Muskovit, Karbonat, Feldspat, vulkanisches Glas).
8. **Marienberg:** S-Abhang des Unteren Schafkopfes, 1680—1880 m. Schichtgebundene Erze. Vererzte Resediment- und Deformationsbreccien.

9. **Handschuhspitze:** S-Abhang der Östlichen Handschuhspitze, 1800—2020 m. Schichtgebundene Erze. Vererzte Resediment- und Deformationsbreccie.
10. **Feigenstein:** S-Hang des Hochwannig, 1020—1315 m. Schlauchförmige, annähernd an eine Sedimentbank gebundene Vererzung. Resedimentäre erzführende Breccien in Hohlräumen, reichlich vererzte Deformationsbreccien.
11. **Hochwarte:** E-Hang des Hochwannig, 1990—2200 m. Konkordante und diskordante Erzkörper. Auch Fahlerz (MUTSCHLECHNER 1954).
12. **Haverstock:** S-Hang des Roten-Kopfes, 1780 m. Konkordante und diskordante Erzführung im Wettersteinkalk (Cordevol auf Grund von Fossiluntersuchungen, frdl. Mitt. Doz. Dr. RESCH), nicht Partnachkalk bzw. Muschelkalk, ISSER 1881, TAUPITZ 1954, MUTSCHLECHNER 1954, VOHRZYKA 1968. Vererzte Deformationsbreccien und Resedimentbreccien. Auch Fahlerz! (VOHRZYKA 1968)
13. **Geierkopf:** E-Hang des Unteren Geierkopfes, 1440—1550 m. Konkordante und diskordante Erzführung.
14. **Lorenzi-Grube:** S-Hang des Unteren Geierkopfes, 1320—1460 m. Konkordante und diskordante Erzführung.
15. **Matthias:** E-Hang des Rauchegg, 880—920 m. Konkordante und diskordante Erzführung.
16. **Sigmund-Grube:** S-Hang des Söld-Berges, 850—950 m. Konkordante und diskordante Erzführung.
17. und 18. **Dirstentritt und Unteres Gafleintal:** E-Abdachung des Alples-Kopfes und S-Hänge des Brunnwald-Kopfes, 920-1885 m, Wendelin-Stollen 920 m ü. d. M. Ausgedehnter alter Bergbau! PbS-Analyse (Prof. Dr. SCHROLL, Geotechnik, BVFA-Arensal, Wien): Ag 300—1000, As 10, Bi 0,03, Cd 16, Cu 26, Co 0,1, In 0,1, Mn 0,1, Mo 1,5, Sb 920, Sn 0,1, Tl 5,4, V 0,1, Zn 57, alles in ppm. Konkordante linsenförmige Erzkörper vorwiegend im unteren Gafleintal, 3 diskordante Gänge hauptsächlich in höheren Bauen. Vererzte Deformationsbreccien einschließlich Metasomatose, Resedimentbreccien in Hohlräumen. Letzte Schließung des Bergbaues 1954.
19. **Reißenschuh:** W-Abhang des Alples-Kopfes, 1880—2040 m. Konkordante Erzführung in Rinnen und Nestern, vererzte Deformationsbreccien nicht streng schichtparallel und sedimentäre Breccien. Halde: ZnS:PbS = 6:1. Typische Sedimenterze.
20. **Heiterwand-Ost:** E-Abfall des Heiterwand-Ostgipfels, 1220 m. Konkordante und diskordante Erzführung.
21. **St. Veith:** am Vorderen Pfeit-Kopf, 1600—1920 m. Hier liegt die Vererzung im Alpinen Muschelkalk! Vorwiegend schichtgebundene Erzführung mit 4 Lagern. »Spatzonen« (CLAR 1929, WETZENSTEIN 1972) und grüne Mergel. Auch Fahlerz, Kupferglanz, Bournonit. Nach WETZENSTEIN weiters Enargit, Stibioluzonit, Luzonit und Schapbachit. Genaue Bearbeitungen bereits durch AMPFERER 1924, CLAR 1929, TAUPITZ 1954, KROLL 1969). Typisches Sedimentärerz. Auch vererzte Deformationsbreccie und Metasomatose (Abb. 1).

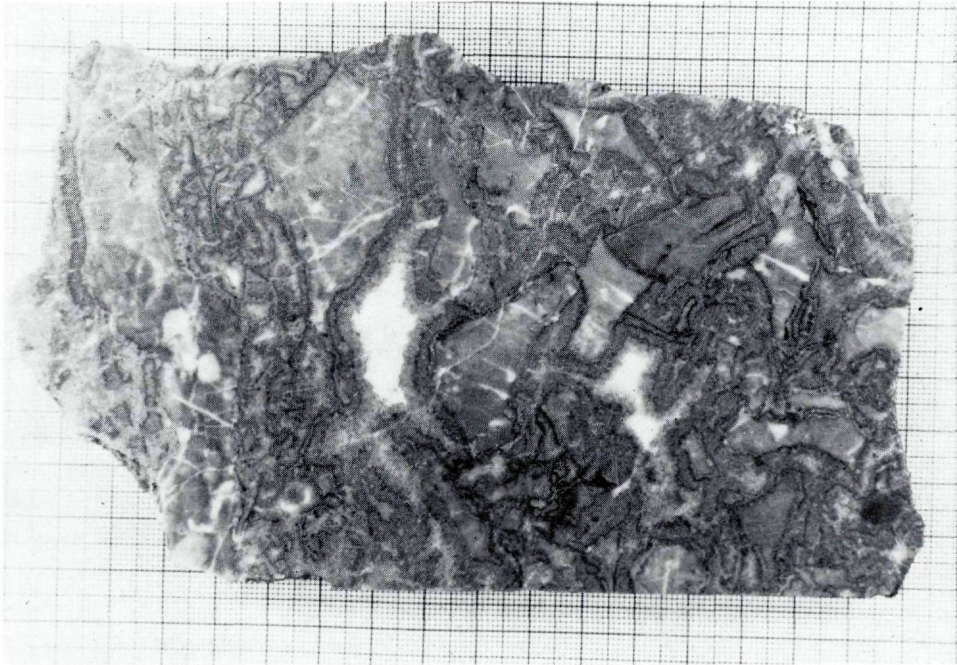


Abb. 1: Rupturell deformierter Muschelkalk mit belteroporer Internanlagerung von Schalenblende als Saum (dunkelgrau-schwarz) und Metasomatose von feinkörniger Zinkblende (hellgrau) im Kalklutit.
Bergbau St. Veit (Großanschliff: Untergrund mm-Papier).

22. **Alpeil:** S-Hang des Heiterwand-Hauptgipfels, 1900—2200 m. Schichtgebundene Erzführung, typisch sedimentäre Erze. Vererzte Deformationsbreccien und resedimentäre Breccien.
23. **Kratzer** (Kratzerkar): 2100—2300 m. Schichtgebundene, z. T. typische Sedimentärerze.
24. **Kuchelzeche und Krom** (E der Anhalter Hütte, N-Wände der Heiterwand): 2300—2500 m. Konkordante und diskordante Erzführung. Vererzte Deformationsbreccien.
- 25.—29. **Tschirgant:** 5 Bergbaureviere ca. 1 km E von Imst. Frauenbrunner Revier: am Fuße des Tschirgant-W-Hanges, 50 m W Bigerbach, 770—1000 m; Emma- und Heinrich-Stollen, am Weg zur Karröstener Alm; 1150—1400 m; Plateaubau, 1900—2100 m und Gipfelbau, 2320 m; Karrer Alm, S Tschirgantgipfel, 1400—1850 m. Nach MUTSCHLECHNER (1954) auch Fahlerz. ZnS-Analyse (Geotechnik, BVFA-Arsenal, Wien, Prof. SCHROLL): Ag 300—1000, AS 500, Bi 0,38, Cd 30, Cu 1,9, Ce 0,3, In 0,1, Mn 0,1, Mo 0,1, Sb 600, Sn 0,12, Ti 19, V 0,1, Zn 2400 ppm. Schichtgebundene Erzführung, vermutlich auch diskordante Erzkörper, z. T. sedimentäre Erzgefüge und vererzte Deformationsbreccien, sowie Resedimentbreccien (Abb. 2).
30. **Blaue Grotte:** W von Imst, Hochimst-Rosengartenschlucht, 1033 m. Konkordante Erzführung, auch typisches Sedimentärerz.

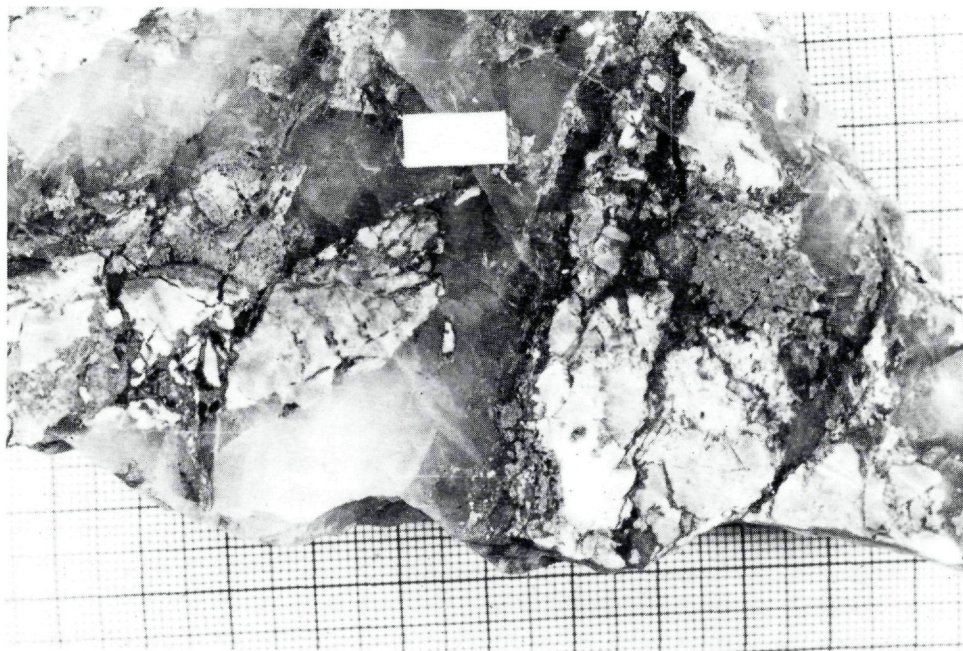


Abb. 2: Ausschnitt aus »Lösungsbreccien« mit veretzten Wettersteindolomitfragmenten (weiß-hellgrau), Zinkblende (grau), Bleiglanz, Bitumen und Ton (schwarz), die in einer Flußspatmasse (hellgrau bis dunkelgrau) eingebettet sind.
Bergbau Tschirgant. Großanschliff (Marke 10 x 5 mm).

31. **Eibental:** WSW von Imst, O-Abdachung des Laagersberges, 1120—1800 m. Auch Fahlerz und Kupferkies! Wahrscheinlich konkordante Erze. Veretzte Deformationsbreccien.
32. **Laagers-Gipfelbaue:** S-Hang des Laagersberges, W von Imst, 2200 m. Liegt in der Inntaldecke bzw. in der Larsenn-Deckscholle. Nach TAUPITZ (1954) schichtgebundene Erze. Veretzte Deformationsbreccien.
33. **Laagers-Ost:** ENE-Hänge des Laagersberges, W von Imst, 1570—1750 m. Liegt in der Larsenn-Deckscholle. Schichtgebundene Erze, veretzte Deformationsbreccie.
34. **Larsenn:** S des Ödkarle-Kopfes, Abfall des Larsenngrates, 2200 m. Liegt in der Larsenn-Deckscholle. Schichtgebundene Erze. Veretzte Deformationsbreccie.
35. **Malchbach:** NW von Imst im Malchbach, 1250 m ü. d. M. Verlauf der Erzkörper unbekannt.

Soweit nicht spezielle Angaben gemacht wurden, liegen die Erzvorkommen in der Inntaldecke, und zwar im oberen Wettersteinkalk bzw. -dolomit. Die normale Erzparagenese mit Zinkblende, Bleiglanz, Pyrit, z. T. Markasit wurde nicht extra erwähnt, nur eventuelle zusätzliche Cu-Mineralien sind hervorgehoben. Die Angabe »Deformationsbreccie« bedeutet, daß derartige Erze und immer auch die »Lösungsbreccien« im Haldenmaterial, bzw. im Anstehenden zusätzlich zu den anderen Gefügetypen gefunden wurden.

Name des Erzkvorkommens Mineralbestand	PRIMÄRE ERZMINERALE										GANGART			ERZMINERALE				SEKUNDÄRE ERZMINERALE					
	Zinkblende	Bleiglanz	Pyrit	Markasit	Fahlerze	Kupferkies	Greenockit	Calcit	Dolomit	Flußspat	Quarz	Baryt	Wulfenit	Cerussit	Cölestin	Strontianit	Smithsonit	Hydrozinkit	Anglesit	Malachit	Brauneisenerz	Manganminerale	
Igelsee																							
Brendl-Kar																							
Tajakopf - Drachensee																							
Grieß-Spizze																							
Grünstein																							
Biberwierer-Scharte																							
Silberleiten																							
Marienbergr																							
Handschuh - spitze																							
Feigenstein																							
Hochwart																							
Haverstock																							
Geier-Kopf																							
Lorenzi																							
Matthias																							
Sigmundsgrube																							
Gaflein-Tal																							
Dirstentritt																							
Reissenschuh																							
Heiterwand-E																							
St. Veit																							
Alpeil-Tal																							
Krazausattel																							
Anhalter-Hütte																							
Tschirgant																							
Blaue-Grotte																							
Elbental																							
Laagers-Gipfelbaue																							
Laagers-E																							
Larsenn																							
Malchbach																							

LEGENDE



reichlich vertreten



als Hauptbestandteil vertreten



als Nebenbestandteil vertreten



spurenhaft vertreten



untergeordnet vertreten



in der Literatur erwähnt

5. Mineralparagenese (Tafel I)

Der Mineralbestand der Erzkörper umfaßt die allgemein vorherrschende Zinkblende, z. T. sedimentär im Erzschlamm, hauptsächlich aber derbkristallin und als Schalenblende, weiters Bleiglanz, meist sammelkristallisiert, grobkristallin. Im Falle des gemeinsamen Auftretens von Zinkblende und Bleiglanz ist allgemein eine reichhaltige Paragenese nachweisbar: Pyrit, welcher gegenüber Markasit überwiegt, woraus sich ein gewisser Unterschied zur Lagerstätte Bleiberg-Kreuth in den Gailtaler Alpen abzeichnet. Eine seltene, aber sehr bemerkenswerte Besonderheit ist das spärliche Auftreten von Cu-Mineralen wie Fahlerze (Tetraedrit, Tennantit) (Abb. 3), Vertreter der Enargit-Gruppe Kupferkies und Bournonit. Fahlerz ist zum Beispiel in Schalenblenden, auch in Bleiglanz als Einschluß und als Spaltenfüllung zu beobachten. Wichtige Einzelheiten meldet WETZENSTEIN (1972).

Die typischen Begleiter der Erzminerale sind Calcit, meist auffällig grobspätig, und Dolomit, dieser häufig als metasomatische Rhomboederchen-Metasomatose im Gefolge der Internvererzungen in Kalkgesteinen. Fluorit ist an manchen Lokalitäten stark verbreitet und typische Verdrängungsprozesse sind neben selteneren sedimentären Gefügen oft zu beobachten. Quarz ist mit idiomorphen Kriställchen (0,1—1 mm) ein charakteristischer Partner in der synsedimen-

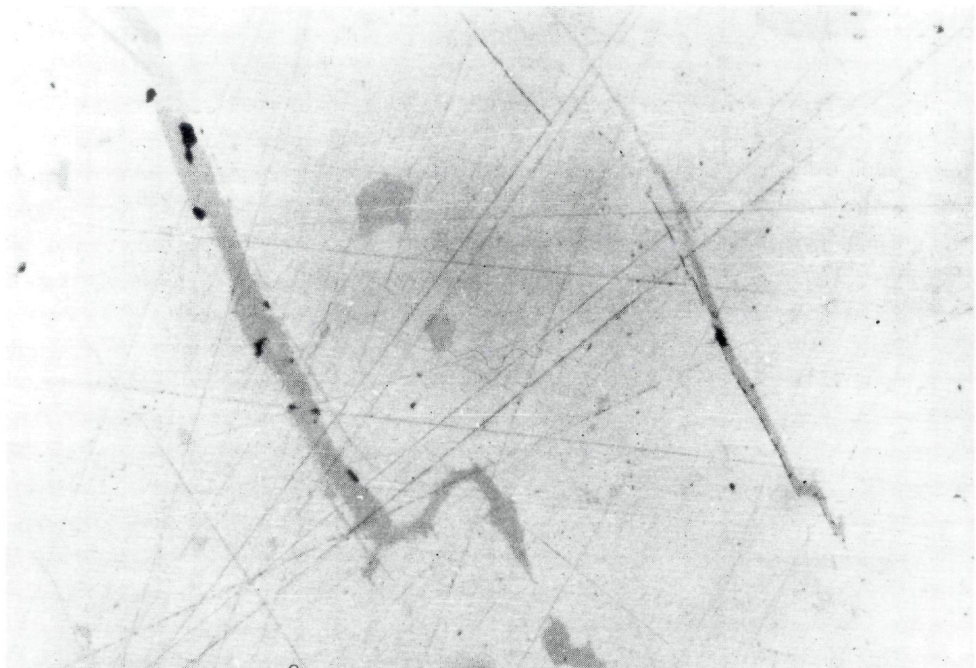


Abb. 3: In Rissen von Bleiglanz (grauweiß) ist Fahlerz (hellgrau) zu sehen. Bei diesem Fahlerz handelt es sich um Tetraedrit. Wirkliche Größe: 0,54 x 0,36 mm (Nic. //), Polierter Anschliff. Fundort: Bergbauhalde St. Veit.

tären Paragenese. Baryt, Coelestin, Strontianit und Jordisit sind nur in manchen der Vorkommen, und dann nur selten, gefunden worden.

Die Oxydationszonen bieten den berühmten Wulfenit, z. B. im Bergbau Dirstentritt und im Tschirgant, Cerussit, Hemimorphit, Smithsonit, Hydrozinkit, Greenockit, Descloizit, Malachit und Azurit, Realgar und Auripigment. In den alten Gruben sind sehr häufig die Limonitminerale Samtblende und Rubinglimmer, Gips und Gediegen Schwefel. Unauffällig sind oft Mn-Minerale vertreten, während Anglesit, Pyromorphit, Lanarkit, Mennige und Ilsemanit nach älteren Literaturangaben in einigen Vorkommen gefunden worden sein sollen.

6. Vererzte Breccien

In der vorliegenden Studie ist die gefügekundliche Nomenklatur nach SANDER (1936, 1948, 1950) berücksichtigt. Demnach wird grundsätzlich zwischen sedimentären Breccien und Deformationsbreccien unterschieden, und dann innerhalb dieser Hauptgruppen weiter geachtet z. B. auf resedimentäre Breccien, syndiagenetische Breccien, Inhomogenitätsbreccien und »Lösungsbreccien«. Im Rahmen der Lagerstättenlehre sind Bearbeitungsbeispiele betreffend verschiedener erzführender Breccien im Bleiberger Bergbau von SCHULZ (1960, 1973, 1975) aufgezeigt und die Ergebnisse für bergwirtschaftliche Beurteilungen genützt worden.

Vererzte Kalk-Dolomit-Breccien sind zahlreich im oberen Wettersteinkalk der Lagerstätten Igelsee, Tajakopf, Griefspitze, Grünstein, Biberwierer Scharte, Silberleiten, Marienberg, Handschuhspitze, Feigenstein, Haverstock, Reißenschuh, Alpeil, Kuchelzeche und Krom. Tschirgant, Eibental, Laagers, Larsenn und nur im Falle (Abb. 1, Abb. 4) St. Veith im Alpenin Muschelkalk gefunden worden. Man sieht daraus schon, daß diesem Vererzungstyp Bedeutung zukommen müßte.

Auf Grund der Untersuchung von Erzausbissen, Haldenmaterial, des Studiums alter Grubenpläne und durch Beobachtungen an den Grubenaufschlüssen läßt sich aussagen, daß neben typisch sedimentären Erzgefügen (SCHULZ 1976) vor allem viele genetisch mehrdeutige Derberzkörper und vererzte Breccien sowohl vom Typ sedimentärer Breccien als auch Deformationsbreccien häufig auftreten. Während die sedimentären Breccien einschließlich der Resedimentbreccien in vielen Fällen eine flächige, s-parallele Erstreckung mit linearer Vorzugsrichtung erkennen oder vermuten lassen, scheinen bei den Deformationsbreccien, einschließlich den daraus entwickelten Lösungsbreccien, diskordante ganz- und schlauchförmige Erzkörper vorzuherrschen. Deformationsbreccien herrschen als Erzträger gegenüber den sedimentären Breccien vor. Bemerkenswert bei der Beurteilung der Deformationsbreccien ist der Übergang vom unbeschädigten zum rupturrell beschädigten Gestein. Prinzipiell ist im mechanischen Verhalten von Kalksteinen und Dolomitgesteinen und damit in der Begünstigung durch mineralisierende Lösungen kein Unterschied erkennbar. Vom Beginn des Zerbrechens der Gesteine mit korrespondierenden Fragmentgrenzen bis zu polymikt zusammengesetzten Breccienarealen mit typischem Zerreibsel als Bindemittel gibt es alle Übergangsstadien zu finden. Sehr oft aber ist die Einwirkung von aggressiven Lösungen auf die Ausgestaltung des Fugennetzwerkes auffallend. Die Wirkung auf die Konturen der Komponenten, die belteropore Erweiterung der Zirkulations-



Abb. 4: Syndiagenetische Deformationsbreccie mit wegsamkeitsbevorzugter Mineralisation im Fugennetz. Weiße bis lichtgraue Fragmente: Alpiner Muschelkalk; dunkel- bis schwarzgraue Fugenfüllung: Schalenblende, Bleiglanz und Pyrit.
Bergbau St. Veit (Ungeschliffenes Handstück; Marke 10 x 5 mm).

wege und die oft begleitende Metasomatose in den Fragmenten sind auffallende Zeugen des Zusammenwirkens mehrerer Ursachen im Rahmen der Verdrängungen.

Man geht wohl nicht fehl in der Annahme, auf Grund des Vorherrschens der chemischen Anlageung von Erz- und Begleitmineralen (frei und metasomatisch) metallführende Lösungen zu vermuten, die nach Lösungserosion für die Auskleidung und Ausheilung der Spalten und Hohlräume mit Gelen, Kristallen und Kristallaggregaten maßgeblich waren.

Nach Gefügebefunden aus verschiedenen Bereichsgrößen liegt in keinem Fall eine postdiagenetisch-tektonische Deformationsbreccie vor, die etwa durch tektonische, alpidisch-orogenetische Vorgänge entstanden wäre. Bei der Untersuchung der Erze gewinnt man den Eindruck, daß ganz unterschiedliche Sedimente, also verschiedener genetischer Entstehung und verschiedener Primärgefüge, rupturrell deformiert vorliegen.

Die Entstehung solcher Breccien infolge Volumensverminderung im Zuge von Dolomitisierungen in einigen Vorkommen hält der Verfasser für sehr unwahrscheinlich. Es gibt nämlich einerseits Dolomitsedimente gleichen Typs mit und ohne Breccierung andererseits vielfach Breccienzonen, die durch Kalkgesteine hindurchsetzen.

Besonders häufig ist das zur Breccie deformierte Gestein ein Kalkmikrit, auch Arenit, mit mehr

oder weniger Spatitnestern, z. T. mit Biodetritus. Seltener wurden derart zerbrochene Dolomit-Mikro- und Makrospatite, manchmal auch Dolomitmikrite, arenitische Dolomite mit Resedimenten, unter den vererzten Karbonatgesteinen bemerkt (Abb. 5). Calcitverheilungen von Haarrissen sowie metasomatische Dolomitisierung in Kalksteinen mit vorwiegend Rhomboederchen-Schwärmen vervollständigen die Befunde syndiagenetischer Kristallisationen.

Ein auffallender Befund aber scheint mir zu sein, daß Platznahmen von Erzmineralen nicht nur häufig von Fluorit- und Quarzausscheidungen begleitet sind, sondern daß die Vererzungen auch eine Dolomitisierung des Gesteins mit sich bringen. Natürlich fällt dies nur in Kalksteinen auf, die aber ohnehin in vielen der hier diskutierten Lagerstätten vorherrschen. Die Dolomitisierung dürfte gefügemäßig ganz analog der ZnS-(PbS-)Vererzung abgelaufen sein: Man findet interne Dolomitspatisation zusammen mit der sehr häufigen Schalenblende oft in freien Restlumina und man findet gerade so häufig das metasomatische Vordringen des Dolomits im Kalkstein zusammen mit feinkörnigen Zinkblende-Einkriställchen, diktiert von bevorzugten Wegsamkeiten aus, etwas von Haarrissen, Spalten und Hohlräumen.

Eine weitere bemerkenswerte Beobachtung ist die der Kornvergrößerung von Karbonatmineralen entlang von Zirkulationswegen der Metallösungen, was beispielsweise im Haarrisnetz der erzführenden Gesteine besonders auffällig ist.

Mit der quantitativen Zunahme der Vererzung scheint allgemein auch eine Zunahme metasoma-

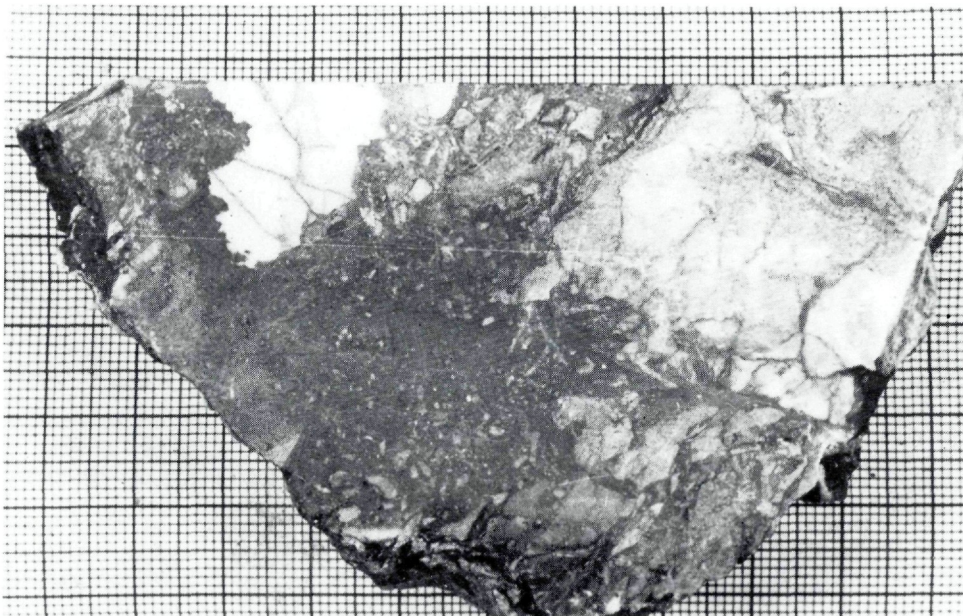


Abb. 5: Resedimentierte polymikte Breccien mit Komponenten von Zinkblendeaggregaten (hellgrau) und Wettersteinkalk (weiß bis weißgrau), zum Teil mit Zinkblende vererzt (rechts oben). Mergeligitonige Matrix (schwarzgrau).
Bergbau Dirstentritt (Großanschliff; Untergrund mm-Papier).

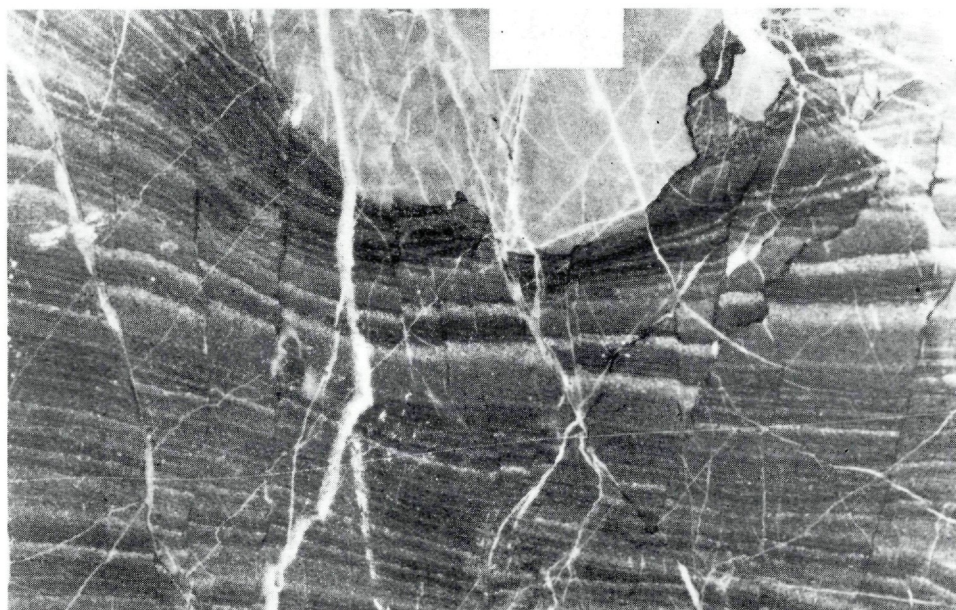
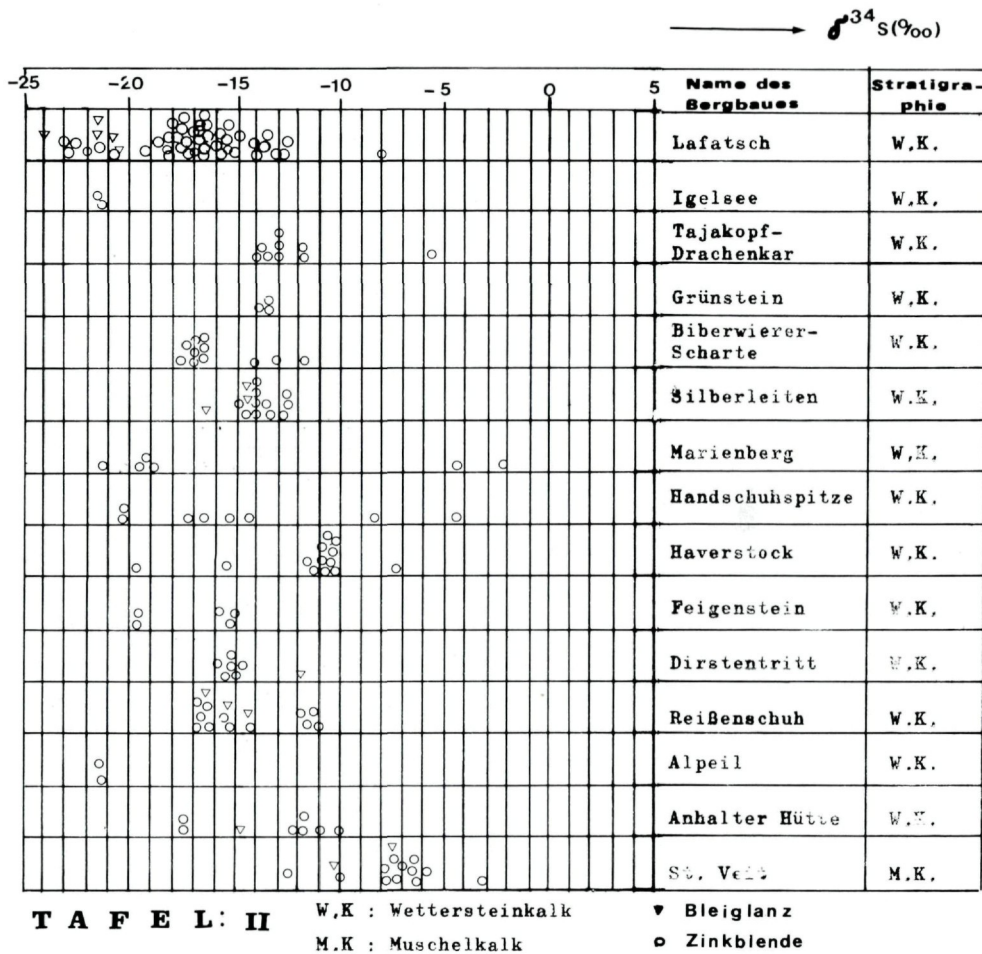


Abb. 6: Geopetale Anlagerung von Erzschlamm (dunkelgrau-feingeschichtet) im Lösungshohlraum des Alpinen Muschelkalkes. Interne Resedimentation von Kalkbruchstücken (hellgrau), die aus der Decke des Hohlraumes stammen. Syndiagenetische Verstellung der liegenden Feinschichten. Bergbau St. Veit (Großanschliff; Marke 10 x 5 mm).

tischer Prozesse verbunden zu sein. In allen vererzten Breccien, die durch rupturale Gesteinsdeformation und Zementierung der Zirkulationswege infolge Kristallisation von Erzmineralen mit Begleitern zustande kamen, dominiert weitaus die Zinkblende, und zwar in der Gefügevariante Schalenblende. In manchen Erzvorkommen wächst auch der Flußspat zu einer vorherrschenden Anreicherung an.

Die starken Verdrängungsprozesse verwischten begreiflicherweise viele ursächliche Sedimentgefüge, wodurch manche Chancen auf genetische Erklärungen geschwunden sind.

Sedimentäre bzw. resedimentäre Breccien mit Erzführung sind in einigen Bergbaulokalitäten bekannt geworden. Sie spielen als »edle Flächen« der Bergleute eine gewisse Rolle bei den Lagererzen. In Frage kommen schwarze Feinbreccien, z. T. bituminös und manche Schollenbreccienlagen, jedenfalls Sedimente, deren intertidale Lage bei der Entstehung die Resedimentation verständlich macht (Abb. 5). Sie sind typisch für den obersten Wettersteinkalk. In manchen Lokalitäten, z. B. St. Veith, Reißenschuh, Alpeil, Dirstentritt, Feigenstein, Marienberg, Handschuhspitze, finden sich Erzbreccien, d. h. Schalenblendbreccien, zerbrochene Sedimentärerze, zerbrochene Derberze und resedimentierte Erze. Genetisch gesehen sind also wieder beide Typen, die Deformationsbreccien und sedimentäre Breccien, vertreten. Auf Grund der Befunde in der Matrix und an Komponenten handelt es sich so gut wie immer um synsedimentäre und syndiagenetische Ereignisse, welche zu diesen klastischen Erzen geführt haben. Bei den



frühdiaogenetisch einzustufenden syndiaogenetischen Inhomogenitätsbreccien besteht die Matrix meist aus einer Kalklutitmasse, also aus dem Medium, in welchem relativ starre Zwischenlagen, z. B. Erzkrusten, zerbrochen sind (Abb. 6); seltener bildet eine Calcitapatitmatrix die Zementierung.

Andererseits sind sichere Resedimente nachweisbar, in welchen die erzhältigen Fragmente aus demselben Material bestehen wie das Einbettmedium.

7. Schwefelisotopenverhältnisse

Es liegen 113 Analysenergebnisse von Sulfid- und Sulfatschwefel aus Pb-Zn-Lagerstätten der Nordtiroler Kalkalpen vor (Tafel II). Ein Teil der hier für die Erzminerale des Arbeitsgebietes vorgelegten Daten kann dankenswerterweise einem unveröffentlichten Bericht von J. FRUTH, München, entnommen werden. Die anderen massenspektrometrischen Analysen stammen von

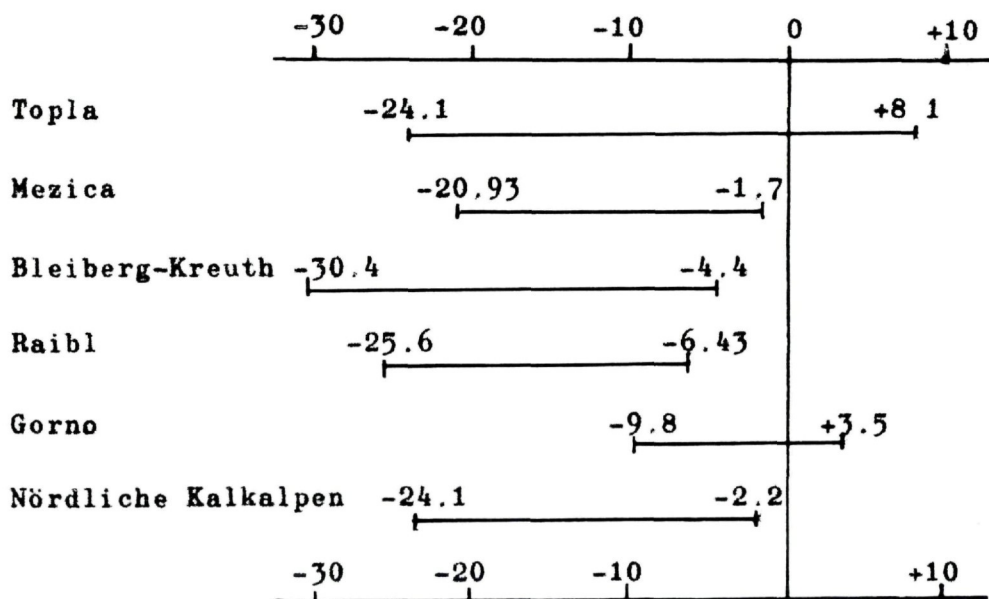
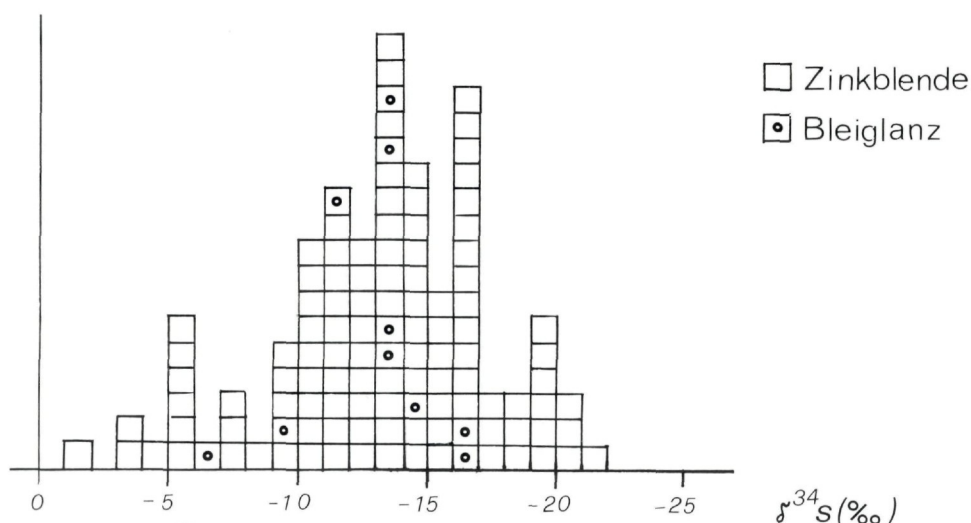


Abb. 7: Die Schwefelisotopenzusammensetzung in Sulfiden aus den Lagerstätten in triassischen Schichten, zusammengestellt von SIDIROPOULOS nach Abbildungen von DROVENIK, DUHOVNIK u. PEZDIC (1979) und aus unveröffentlichten Ergebnissen.



TAFEL:III

meinen aufgesammelten Erzproben und wurden von E. PAK, Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, durchgeführt.

Der Betrachtung ist wie üblich das S-Isotopenverhältnis $^{32}\text{S}/^{34}\text{S} = 22,21 = \delta^{34}\text{S} = 0\text{‰}$ des Troilit-Standards vom Eisenmeteoriten Cañon Diablo zugrunde gelegt und es sind dementsprechend die Abweichungen als $\delta^{34}\text{S}$ in ‰ angegeben. Einschlägige Literatur informiert über die Aussagekraft der Daten, z. B. SCHROLL & WEDEPOHL 1972, SCHROLL 1976, RÖSSLER-LANGE 1976, DROVENIK 1979 u. a.

Vergleichbare Ergebnisse aus den triadischen Pb-Zn-Lagerstätten beidseits des Periadriatischen Lineaments, mit den Schwerpunkten Topla, Mežica, Bleiberg-Kreuth, Raibl, Solafossa sowie aus Gorno in den Bergamasker Alpen liegen zahlreich vor und sind in Abb. 7 zur Übersicht gebracht.

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte aus der Lagerstätte Lafatsch-Vomperloch (Karwendel) streuen von $-8,0$ und $-24,1\text{‰}$ (SCHULZ 1981). Aus meinem Arbeitsgebiet sind die Daten übersichtlich in Tafel I dargestellt. Demnach ergibt sich eine breite Streuung der $\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Zinkblenden und Bleiglanzen von $-2,2$ bis $-24,1\text{‰}$, wobei ein Maximum bei -14‰ erkennbar ist (Tafel III). Diese große Streuung ist typisch für syngenetisch-sedimentäre Erzanreicherungen womit die seit langem bekannten und für syngedimentäre Erzkonzentration sprechenden Gefügebefunde bestätigt werden. Die Stoffherkunft hingegen kann sowohl hydrothermal als auch rein sedimentär gedeutet werden. Unter der Annahme, daß eine große Variationsbreite und eine Anreicherung von leichtem Schwefel ^{32}S Beweise für biogenen Schwefel sind, so müssen bakterielle Prozesse bei der Sulfidbildung in Betracht gezogen werden. Meines Erachtens kann aber auch die Mitbeteiligung von hydrothermale Schwefel nicht ausgeschlossen werden. Vor allem die nahe 0‰ liegenden $\delta^{34}\text{S}$ -Werte lassen dies vermuten.

8. Beiträge zur genetischen Deutung

Als bekannt wird vorausgesetzt die frühere Hypothese der »Alpidischen Metallogenese« (W. PETRASCHECK 1945) in der Kreide-Tertiärzeit und die seit 1953 stark vertretene Erklärung syngenetisch-sedimentärer Erzanreicherung durch hydrothermale Belieferung des Sedimentationsraumes (SCHNEIDER 1953, 1954; TAUPITZ 1954a, b; MAUCHER 1954; SCHULZ 1955). Beachtung sollte grundsätzlich auch die auf SCHNEIDERHÖHN (1952 zurückgehende Ansicht über »regenerierte« Lagerstätten finden.

In letzter Zeit machen auch noch Forscher von sich reden, die die Erzkonzentrationen zu Lagerstätten mit Emersionshorizonten und Verkarstungen in Verbindung bringen (BENZ 1964, CALLAHAN 1965, TAMBURRINI & CIOLO 1965, LEULEU 1966, BERNARD 1973, PADALINO et al. 1973, PERNA 1973, ZUFFARDI 1976, BONI 1979).

Diese Vorstellungen, die vor allem aus Untersuchungen von Pb-Zn-Lagerstätten im Atlasgebirge und im S Sardinien entwickelt wurden, haben einige Forscher für die Erklärung kalkalpiner Pb-Zn-Anreicherungen übernommen. So z. B. LAGNY (1971, 1975) für Auronzo und Sappada, BECHSTÄDT (1975) für Bleiberg, BRANDNER (1978) für St. Veit (Nordtiroler Kalkalpen). Daß das »Karstmodell« im allgemeinen funktioniert, soll nicht angezweifelt werden, daß aber

ohne besondere Voranreicherungen allein durch die Erosionen Lagerstätten entstehen, muß für kalkalpine Verhältnisse in Zweifel gezogen werden. Im untersuchten Nordtiroler Gebiet lassen sich m. E. jedenfalls keine zwingende Beweise finden. Es fehlen einerseits deutliche Verkarstungen und typische Verwitterungshorizonte mit detritischen Sedimenten, Resedimenten, Erosionsdiskordanzen mit Fe-, Cu-, Pb-, Zn-Oxydationsmineralen. Andererseits ist das großzügige zeitliche Zusammenfallen von Triasvulkanismus und Erzführung doch auffallend. Dabei muß nicht an direkte Zusammenhänge gedacht werden, sondern an indirekte Beeinflussungen, vor allem an thermische Mobilisationen. Extrusiv-thermale Metallzufuhren scheinen noch immer die meisten bisherigen Befunde an den Lagerstätten zwanglos zu erklären.

An dieser Stelle möchte ich aber in Erwägung ziehen, daß es sich bei manchen Erzkörpern meines Arbeitsgebietes um einen »hydrothermalen Karst« im Sinne von DZULYNSKI & SASS-GUST-KIEWICZ (1977) handeln kann. Demnach brächten hydrothermale Lösungen durch Verdrängungen intern Lösungshohlräume mit Lösungsbreccien und intern-freie sowie metasomatische Vererzungen zustande.

Schon 1960 (S. 81) stellte HEGEMANN fest: »Weder das Vorhandensein noch das Fehlen triassischer Vulkanite in der Umgebung einer Blei-Zink-Lagerstätte kann als Beweis bzw. als Gegenbeweis für die magmatische Herkunft der Erze angeführt werden, lediglich als Hinweis. Erst die Aufdeckung der Zusammenhänge der betreffenden Lagerstätten mit dem Trias-Vulkanismus liefert den Nachweis, daß diese Erze vom Trias-Vulkanismus mit hydrothermalen Abfolgen abstammen.« Es kommt also vermutlich auf tiefer gelegene Zusammenhänge, magmatische, vermutlich noch mehr pseudomagmatische, hydatogene Lösungen und Mobilisationen von Metallen in älteren Gesteinen an.

Auf Grund der Isotopenverhältnisse $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ von Bleiglanzen aus dem Mesozoikum der Ostalpen gelangen KÖPPEL & SCHROLL (1979) zu der Feststellung, daß für eine extrusiv-hydrothermale Stoffzufuhr nicht ein basischer Magmatismus in Frage komme. Die Ergebnisse sprechen aber für die Beteiligung von altem Krustenblei, also vermutlich aus Altkristallin, weiters von Blei aus permischen Vulkaniten und Sedimentiten, wonach es sich also um ein Mischblei verschiedener Herkunft handeln müßte.

Was die erzführenden Breccien betrifft, so ist ihre Anlage und Vererzung in den triadischen Meeresboden zu verlegen. Zwar herrschen weitaus die Deformationsbreccien mit chemischer Internanlagerung vor, doch wurde auch selten eine Erzschlammfüllung entdeckt, aus welcher keine Verstellung der Anlagerungsebene gegenüber den Externernzen ableitbar war.

Was die Herkunft der Metallösungen betrifft, so ist in allen Fällen syn- und postdiagenetischer Intermineralisation die Möglichkeit von Mobilisierungen des primären Stoffbestandes und von Umlagerungen aus bereits existierenden synsedimentären Erzkörpern in Erwägung zu ziehen. Durch die Befunde wie geopedale Internanlagerung von Erzschlamm, wie Resedimentbreccien mit vererzten Karbonatbruchstücken kommt als Zeitspanne der Vererzung nur ein triassisches Alter in Betracht. In diesen Zeitraum fällt sowohl die Bildung schichtiger Erzlager in mehreren Zyklen und die Anlage der selteneren Erzgänge sowie der Breccienkörper.

9. Wirtschaftliche Aspekte

Auf Grund des Bergbauhaldenmaterials und der gelegentlich über Tage anstehenden Erzkörper sowie nach Grubenplänen und Skizzen von alten Bergbauen können über noch vorhandene Erzkörper einzelner Lokalitäten Vermutungen angestellt werden. Besonders das Auftreten von vererzten Breccien (Deformationsbreccien, sedimentäre Breccien), wie sie z. B. in St. Veit, Reißenschuh, Alpeil, Dirstentritt, Feigenstein, Silberleiten, Biberwierer Scharte, Haverstock, Handschuhspitze, Marienberg, Grünstein, Griebßpitze, Tajakopf, Laagers und Tschirgant nachgewiesen werden konnten, und für die z. T. große räumliche Ausdehnung zu vermuten ist, könnte auch in Zukunft noch von wirtschaftlichem Interesse sein. Dies umso mehr, als man früher die Abbaue auf typische Lager und Gänge mit flächig konzentrierten Erzen eingerichtet hatte. Dabei dürften die im Fugennetz vererzten und diffus metasomatisch vererzten Bereiche, vor allem wenn sie Zinkblende führen, wenig geschätzt gewesen sein.

Die vorhin angeführten Lokalitäten sind auch deshalb erwähnenswert, weil die bekannten Erzkörper in die Tiefe zu noch nicht abgebaut sind. Hier wären z. T. einige hundert Meter Teufen-erstreckung der Erzkörper zu erwarten. Auch im Streichen besteht oft noch die Möglichkeit für Fortsetzungen.

In den konkordanten Erzlagern (Alpeil, Reißenschuh, Biberwierer Scharte, Handschuhspitze, Marienberg, Grünstein, Tajakopf) und schlauchförmigen bzw. pseudokonkordanten Erzkörpern (Feigenstein, Haverstock) läßt sich prinzipiell ein Hoffungsgebiet schon wegen der generell schichtigen Verbreitung der Erze vermuten und sollte in der allseitigen flächigen Erstreckung der prädestinierten Abfolge des oberern Wettersteinkalkes zu suchen sein.

Bei den diskordanten Erzkörpern, z. B. beim Dirstentritter Gang, wird auf Grund von Informationen aus der letzten Bergbauperiode geschlossen, daß dort ein sehr wichtiger Hoffungsraum besteht.

Auch auf Grund der meist reichlich metallhaltigen Haldenerze und der zu vermutenden räumlichen Ausdehnung vieler der Einzellagerstätten mit Höhenunterschieden bis zu 1200 m sind Chancen für zukünftige Unternehmungen zu sehen. Die Vorräte dürften einige tausend Tonnen Haufwerk betragen. In einigen alten Gruben wären auch Fluoritanreicherungen interessant. Reichliche Vorräte könnten im Tschirgant, in den Revieren Blaue Grotte, Hochwarte (Wanneck) und Matthias-Grube erwartet werden.

Die Feststellung einer zukünftigen Abbauwürdigkeit der verlassenen Zn-Pb-Lagerstätten des Arbeitsgebietes bedarf jedoch vorerst einer gründlichen Überprüfung durch Schürf- und Hoffnungsbautätigkeit. Dabei müßten die heute bzw. in Zukunft gültigen Kriterien der Bauwürdigkeit beachtet und diese zu den allgemeinen wichtigen Voraussetzungen wie topographische Lage, Infrastruktur, Natur- und Umweltschutz, Aufbereitungsmöglichkeit in der Nähe der Bergbaue usw. in Beziehung gesetzt werden.

10. Literaturverzeichnis

- Ampferer, O., 1914: Über den Bau der Westlichen Lechtaler Alpen. Jb. Geol. B.-A., Wien.
- Ampferer, O., 1914: Führer für die Umgebung Imst. Geol. B.-A., Wien.
- Ampferer, O., & Ohnesorge, T., 1924: Geologische Spezialkarte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie, Blatt Zirl-Nassereith, 1:75.000 (5045), Wien.
- Bechstädt, T., 1975: Lead-Zinc-Ores Dependent on Cyclic Sedimentation (Wetterstein-Limestone of Bleiberg-Kreuth, Carinthia, Austria). Miner. Deposita (Berl.), 10, 234–248.
- Benz, J. P., 1964: Les gisements plombo-zincifère d'Arennas (Sardaigne). Thèse de doctorat. Fac. Sciences de l'Université Nancy.
- Bernard, A. J., 1973: Metallogenic Processes of Intrakarstic Sedimentation. Ores in Sediments (Edited by G. C. Amstutz and A. J. Bernard), 43–57, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Boni, M., 1979: Paläogeographie, Mineralogie und Lagerstättenkunde der Paläokarst-Erze in Süd-West Sardinien (Iglesiente-Sulcis). Diss. Univ. Heidelberg.
- Brandner, R., 1978: Tektonisch kontrollierter Sedimentationsablauf im Ladin und Unterkarn der westlichen Nördlichen Kalkalpen. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, Bd. 8, Festschr. Heissel, S. 317–354.
- Callahan, H. W., 1965: Paleophysiographic premises for prospecting for stratabound base metal mineral deposits in carbonate rocks. Symp. mining Geol. base Metals (Ankara Sept. 1964). Cento Treaty Organiz., 191–248, Ankara.
- Clar, E., 1929: Über die Blei-Zinklagerstätten St. Veit bei Imst, Jb. Geol. B.-A., 79, 33–356.
- Drovenik, M., Duhovnik, J., Pezdic, J., 1979: Schwefelisotopenuntersuchungen in slowenischen Erzlagerstätten. Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben, Oct. 1977), S. 127–135, Wien.
- Dzylinski, S. & Sass-Gustkiewicz, M., 1977: Comments on the Genesis of the Eastern-Alpine Zn-Pb Deposits. Mineral. Deposita (Berl.), 12, 219–233.
- Hegemann, F., 1960: Die Entstehung der kalkalpinen Blei-Zinkerzlagerstätten. N. Jb. Min., Mh. 7/8, 170–185.
- Isser, v. M., 1881: Die Blei-Zinkerze der Gewerkschaft Silberleiten. Z. f. Berg- und Hüttenwesen, 29, 89–91, 104–110, 124–134.
- Kostelka, L., 1973: Beobachtungen über die Verteilung von Blei und Zink in den triadischen Karbonatgesteinen der Ostalpen und im Bergbau Bleiberg-Kreuth. Mitt. Geol. Ges., Wien, 65, 117–122, Wien.
- Lagny, Ph., 1971: Les minéralisations plombo-zincifère de la région d'Auronzo (province de Belluno, Italie); remplissage d'un paléokarst d'âge Anisien supérieur. A paraître dans. Compt. Rend. Acad. Sci., Paris, D 273, 1539–1542.
- Lagny, Ph., 1975: Le gisement plombo-zincifère de Salafossa (Alpes Italienne Orientales): Remplissage d'un paléokarst triasique par des sédiments sulfurés. Min. Deposita 10, 345–361.
- Leuleu, M., 1966: Le karst et ses incidentes metallogéniques. Sci. Terre, vol. 11, n. 4, 385–413, Nancy.
- Maucher, A., 1954: Zur »alpinen Metallogenese« in den bayerischen Kalkalpen zwischen Loisach und Salzach, Tsch. min. u. petr. Mitt., 4, 454–463.
- Mutschlechner, G., 1954: Der Erzbergbau in der Umgebung Imst. Schlern-Schriften 110, 29–59.
- Padalino, G., Pretti, S., Tampurrini, D., Tocco, S., Uras, I., Violo, M., Zuffardi, P., 1973: Ore Deposition in Karst Formation with Examples from Sardinia. VIII International Sedimentological Congress Heidelberg 1972, Ores in Sediments (Edited by G. C. Amstutz and A. J. Bernard), 209–220.
- Perna, G., 1973: Fenomeni carsici e giacimenti minerali. Atti del Seminario di Speleogenesi, Varenna, 1972, Le grotte d'Italia, 4a, IV, Bologna.
- Pertascheck, W., 1945: Die alpine Metallogenese. Jb. Geol. B.-A., 90, 129–249.
- Sander, B., 1936: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (Rhythmische Kalke und Dolomite aus der Trias). Tschermaks Min. Petr. Mitt., 48, 27–139.
- Sander, B., 1948: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper I. Springer-Verlag, Wien.
- Sander, B., 1950: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper II. Springer-Verlag, Wien.

- Schneider, H. J.*, 1953: Neu-Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zink-Lagerstätten der Nördlichen Kalkalpen. *Fortschr. Min.* 32, 26-30.
- Schneider, H. J.*, 1954: Die Sedimentäre Bildung von Flußspat im Oberen Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen. *Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math.-naturwiss., Kl., NF* 66, 1-37.
- Schneiderhöhn, H.*, 1952: Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage. *Neues Jb. Min., Mh.*, 2 und 3, 47-89.
- Schroll, E.*, 1976: Analytische Geochemie. Band II: Grundlagen und Anwendungen. Ferdinand Enke-Verlag, Stuttgart.
- Schroll, E. & Wedepohl, K. H.*, 1972: Schwefelisotopenuntersuchungen an einigen Sulfid- und Sulfatmineralen der Blei-Zinkerzlagerstätte Bleiberg-Kreuth, Kärnten. *Tscherm. Min. Petrol. Mitt.*, 17, 286-290.
- Schroll, E., & Köppel, V.*, 1979: Bleiisotopenzusammensetzung von Bleierzern aus dem Mesozoikum der Ostalpen. *Proceed. 3rd ISMIDA (Leoben, Oct. 1977)*, S. 229-235, Wien.
- Schulz, O.*, 1955: Montangeologische Aufnahme des Pb-Zn-Grubenreviers Vomperloch, Karwendelgebirge, Tirol. *Berg- und Hüttenm. Mh.*, 9, 259-269.
- Schulz, O.*, 1960: Die Pb-Zn-Vererzung der Raibler Schichten im Bergbau Bleiberg-Kreuth (Grube Max) als Beispiel submariner Lagerstättenbildung. *Carinthia II*, 22. Sonderheft, 93 S., Klagenfurt.
- Schulz, O.*, 1973: Wirtschaftlich bedeutende Zinkanreicherung in syndiagenetischer submariner Deformationsbreccie in Kreuth (Kärnten). *Tscherm. Min. Petrog. Mitt.*, 20, 280-295.
- Schulz, O.*, 1975: Resedimentbreccien und ihre möglichen Zusammenhänge mit Pb-Zn-Konzentration in mitteltriadischen Sedimenten der Gailtaler Alpen (Kärnten). *Tscherm. Min. Petrog. Mitt.*, 22, 130-157.
- Schulz, O.*, 1976: Typical and Nontypical Sedimentary Ore Fabrics. *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits* (Ed. K. H. Wolf), vol. 3, chapter 7, 295-338.
- Tamburrini, D., & Violo, M.*, 1965: Il giacimento di Baritina di Monte Barega — Monte Arcau (Iglesiente, Sardegna). *La Ricerca Scientifica*, 35, (II-A), 814-848, Roma.
- Taupitz, K. C.*, 1954: Die Blei-, Zink- und Schwefelerzlagerstätten der Nördlichen Kalkalpen westlich der Loisach. *Diss. Clausthal*.
- Taupitz, K. C.*, 1954: Über Sedimentation, Diagenese, Metamorphose, Magmatismus und die Entstehung der Erzlagerstätten. *Chemie der Erde*, 17, 2, Jena.
- Taupitz, K. C.*, 1954: Erze sedimentärer Entstehung auf alpinen Lagerstätten des Typs »Bleiberg«. *Zeitschr. f. Erzbergb. und Metallh.* VII, 8, Stuttgart.
- Vohryzka, K.*, 1968: Die Erzlagerstätten von Nordtirol und ihr Verhältnis zur alpinen Tektonik. *Jb. Geol. B.-A.*, 111, 3-88, Wien.
- Wetzelstein, W.*, 1972: Die Mineralparagenesen der Blei-Zinklagerstätten St. Veit (Heiterwand-Gebiet, östlich Lechtaler Alpen, Tirol). *Verh. Geol. B.-A.*, H. 2, S. 288-298.
- Zuffardi, P.*, 1976: Karst and economic mineral deposits »Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, vol. 3: Supergene and sulfidic ore deposits; texture and fabrics«. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 175-212.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Lazaros Sidiropoulos
Technikerstraße 10
A-6020 Innsbruck

Die Arbeit wurde im Rahmen des Forschungsschwerpunktes S21/01 der ÖRK (O. SCHULZ) durchgeführt. Dem FONDS ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG wird für finanzielle Beihilfe gedankt.